



Lange Kleiweg 137  
Postbus 45  
2280 AA Rijswijk

www.tno.nl

T +31 15 284 30 00

F +31 15 284 39 91

info-DenV@tno.nl

**TNO-rapport**

**TNO-DV 2008 A495**

**Vraagstukken besmettingsbeheersing prio 3**

|                      |   |
|----------------------|---|
| Datum                | november 2008                                       |
| Auteur(s)            | H.F.G. Oudmaijer                                    |
| Rubricering rapport  | Ongerubriceerd                                      |
| Vastgesteld door     | A.L. van der Linden                                 |
| Vastgesteld d.d.     | 10 november 2008<br>(Deze rubricering wijzigt niet) |
| Titel                | Ongerubriceerd                                      |
| Managementuittreksel | Ongerubriceerd                                      |
| Samenvatting         | Ongerubriceerd                                      |
| Rapporttekst         | Ongerubriceerd                                      |
| Bijlagen             | Ongerubriceerd                                      |
| Exemplaarnummer      | 7   |
| Oplage               | 7   |
| Aantal pagina's      | 19 (incl. bijlagen, excl. RDP & distributielijst)   |
| Aantal bijlagen      | 2   |

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht van het ministerie van Defensie werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van de opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de 'Modelvoorwaarden voor Onderzoeks- en Ontwikkelingsopdrachten' (MVDT 1997) tussen de minister van Defensie en TNO indien deze op de opdracht van toepassing zijn verklaard dan wel de betreffende ter zake tussen partijen gesloten overeenkomst.

© 2008 TNO

AQ F09-05-01879

## Vraagstukken Besmettingsbeheersing prio 3

Bij de toepassing van ontsmettingsmiddelen werden door Defensie problemen vermeend bij de verwijdering van het achtergebleven restant ontsmettingsmiddel. Om kostbaar en langdurig toxicologisch onderzoek te vermijden wordt een pragmatische benadering gezocht -en gevonden- van methoden die in het veld toepasbaar zijn.



### Probleemstelling

De volgende twee additioneel betaalde onderzoeksvragen resteren nog voortkomend uit projecten die door TNO Defensie en Veiligheid de afgelopen vier jaar werden uitgevoerd voor DMO (DS-2 vervanging) en het Joint Kenniscentrum NBC (Vraagstukken Besmettingsbeheersing prioriteit 1 en 2.

- \* Blijven er in het GDS2000 apparaat na spuiten van GDS2000 en reiniging met water schadelijke restanten achter.
- \* Hoe moeten oppervlaktes en/of materialen nagereinigd worden om schadelijke restanten van het ontsmettingsmiddel GD5 te verwijderen.

Voor beide gevallen zal onderzocht worden wat de beste methode is om na te reinigen.

### Beschrijving van de werkzaamheden

Het GDS2000 apparaat werd met GDS2000 gevuld en gebruikt en vervolgens op verschillende -eenvoudige en in het veld toepasbare- manieren gereinigd:

- a) simpel met water afspoelen;
- b) met water+zeep afspoelen of;
- c) met water en schrobben.

De binnenkant van het GDS2000 apparaat werd na reiniging via extractie en met veegmonsters bemonsterd. De monsters werden geanalyseerd op restanten GDS2000.

Analoog werden drie materialen beladen met GD5 en na verloop van 30 minuten inwerktijd op dezelfde drie manieren gereinigd. Ook hier werd extractie van het nog natte oppervlak van de materialen uitgevoerd met daaropvolgend analyse van de extracties om uit te wijzen of het GD5 goed verwijderd is.

### Resultaten en conclusies

Het GDS2000 apparaat kan na toepassing van GDS2000 hiervan afdoende gereinigd worden door drie malen met zo'n 400 ml water te vullen, af te sluiten, gedurende 10 seconden de cilinder rustig van kop naar bodem te kantelen en het apparaat goed leeg te gieten. Hier moet -vanwege de viscositeit van de GDS2000- een tiental seconden geduld opgebracht worden. Toevoegen van zeep aan het spoelwater helpt niet.

Het GD5 dringt poreuze materialen zoals kleding in en wordt daar ook met stevig spoelen nauwelijks afdoende uit verwijderd. Met meer inerte materialen kan wel een afdoende verwijdering bereikt worden. Hiervoor is wel meermalen spoelen met water met daarin een oppervlakte actieve stof als zeep nodig. Een pH papiertje kan een simpele, snelle en afdoende indicatie vormen voor de mate van reiniging.

### Toepasbaarheid

De resultaten tonen aan dat beide viskeuze oplossingen zich niet zo snel van de behandelde oppervlakken laten verwijderen. De bereikte resultaten geven aan dat beide stroperige oplossingen GDS2000 en GD5 slechts langzaam in water oplossen en dat maakt het reinigen van oppervlakken behandeld met deze stoffen moeizaam.

## Contact en rapportinformatie

| PROGRAMMA  | PROJECT  |
|--|--|
| Programmabegeleider<br>-   | Projectbegeleider<br>ir. A.A.M.Slagveer,<br>Mindef/DMO/Directie Wapen Systemen   |
| Programmaleider<br>-   | Projectleider<br>H.F.G. Oudmaijer, TNO Defensie en<br>Veiligheid, businessunit Biologische en<br>Chemische Bescherming |
| Programmatitel<br>-  | Projecttitel<br>Vraagstukken besmettingsbeheersing<br>prio 3   |
| Programmanummer<br>-   | Projectnummer<br>032.12496, offerte 70748B   |
| Programmaplanning<br>-   | Projectplanning<br>Start augustus 2008<br>Gereed 1 december 2008   |
| Toezichthouder<br>A.L. van der Linden  |  |
| Frequentie van overleg<br>Met de programma/project-<br>begeleider werd drie maal kort<br>gesproken over de invulling en de<br>voortgang van het onderzoek. | Projectteam<br>H.F.G. Oudmaijer, F. Lalleman,<br>ing. L.F. Chau, ing R. de Reuver                                      |

Lange Kleiweg 137  
 Postbus 45  
 2280 AA Rijswijk

T +31 15 284 30 00  
 F +31 15 284 39 91

info-DenV@tno.nl

**TNO-rapportnummer**  
 TNO-DV 2008 A495

**Opdrachtnummer**  
 -

**Datum**  
 november 2008

**Auteur(s)**  
 H.F.G. Oudmaijer

**Rubricering rapport**  
 Ongerubriceerd

## Samenvatting

Het GDS2000 apparaat wordt gebruikt voor zowel de oefenvloeistof als GDS2000. Na reiniging van dit apparaat kunnen er restproducten achterblijven op/in het apparaat. Daarnaast is het noodzakelijk om oppervlaktes en/of materialen na ontsmetting met GD5 na te reinigen.

Voor beide ontsmettingstoepassingen moest onderzocht worden hoe het apparaat dan wel het ontsmette oppervlak het beste nagereinigd kon worden.

Voor het GDS2000 apparaat bleek afdoende reiniging bereikt te kunnen worden door het apparaat drie maal met een verse hoeveelheid ( $\frac{1}{4}$  tankvulling) water gedurende een tiental seconden rustig van kop naar boden te schudden.

Voor oppervlakken ontsmet met GD5 bleek drie maal 10 seconden afspuiten met water afdoende voor gladde, inerte oppervlakken. Voor adsorberende oppervlakken als marmoleum of NBC kleding bleek het GD5 veel minder goed te verwijderen.

Controle met een pH papiertje (dat verkleurt door de basische GD5) kan het nog aanwezig zijn van GD5 simpel aangetoond worden.

## Inhoudsopgave

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
|          | <b>Managementuittreksel .....</b>            | <b>2</b>  |
|          | <b>Samenvatting.....</b>                     | <b>4</b>  |
| <b>1</b> | <b>Inleiding.....</b>                        | <b>6</b>  |
| <b>2</b> | <b>Materialen .....</b>                      | <b>7</b>  |
| <b>3</b> | <b>Methodes en aanpak .....</b>              | <b>8</b>  |
| 3.1      | Reiniging GDS2000 apparaat van GDS2000 ..... | 8         |
| 3.2      | Reiniging oppervlakken van GD5 .....         | 9         |
| <b>4</b> | <b>Resultaat.....</b>                        | <b>10</b> |
| 4.1      | Reiniging GDS2000 apparaat van GDS2000 ..... | 10        |
| 2.1      | Reiniging oppervlakken van GD5 .....         | 12        |
| <b>3</b> | <b>Ondertekening .....</b>                   | <b>15</b> |
|          | <b>Bijlage(n)</b>                            |           |
|          | A Fysische en toxicologische eigenschappen   |           |
|          | B Analysemethoden en resultaten              |           |



## 1 Inleiding

Het Ministerie van Defensie heeft bij TNO het verzoek neergelegd om een tweetal operationele vraagstukken op het gebied van besmettingsbeheersing te beantwoorden. De vragen komen gedeeltelijk voort uit projecten die door TNO Defensie en Veiligheid de afgelopen vier jaar werden uitgevoerd voor DMO (DS2 vervanging)<sup>1</sup> en het Joint Kenniscentrum NBC (Vraagstukken Besmettings-beheersing prioriteit 1 en 2)<sup>2</sup>. Binnen het project 'DS2 vervanging' is voorzien in de ontsmettingsvloeistof GDS2000 waarmee effectief een operationele ontsmetting tegen C-strijdmiddelen kan worden uitgevoerd. Het GDS2000 apparaat (1,5 liter cilinder, heette voorheen DS2 apparaat) wordt gebruikt voor zowel de oefenvloeistof als GDS2000. Nadat het apparaat is gebruikt voor de ontsmetting van -met CBRN besmette- oppervlakken zal het apparaat nog van de ontsmettingsvloeistof zelf gereinigd moeten worden. Na reiniging van dit apparaat kunnen er restproducten achterblijven op/in het apparaat. Deze restproducten mogen geen (contact-) risico vormen voor de gezondheid van de gebruiker. Daarnaast is het noodzakelijk om oppervlaktes en/of materialen na ontsmetting met GD5 na te reinigen. Hiervoor zal onderzocht worden wat de beste methode is om na te reinigen. Aan het hierboven gestelde zijn de navolgende onderzoeksvragen gerelateerd.

Vraag 1. Blijven er in het GDS2000 apparaat na spuiten van GDS2000 en reiniging met water schadelijke restanten achter?

Vraag 2. Hoe moeten oppervlaktes en/of materialen nagereinigd worden om schadelijke restanten van het ontsmettingsmiddel GD5 te verwijderen?

---

<sup>1</sup> TNO-rapport DV2 2006 A072.

<sup>2</sup> TNO-rapporten DV2 2005-A9 en DV2 2005-A188.

## 2 Materialen

De beschrijving van de toegepaste materialen staat vermeld in tabel 1.

De GDS2000 apparatuur en het GDS2000 werd op 7 Augustus bij TNO aangeleverd.

Het GD5 en de testmaterialen zijn door TNO geleverd.

Tabel 1 Toegepaste materialen en chemicaliën.

| Materiaal     | Beschrijving   |
|---------------|--|
| GDS2000       | Apparaten NSN 4230-17-119-0780, aangeleverd                  |
| GDS2000       | Kärcher, NSN 6850-17-118-6532                                |
| GD5           | OWR 0331 PH06, NSN 6850-17-114-3527                          |
| Afwasmiddel   | ADIX (Grada B.V. Amersfoort)                                 |
| Gaaskompres   | Laboratoire Tetra Medical ref.23844.27 10 x 10 cm            |
| Glas          | petrischalen   |
| Marmoleum     | Vloerbedekking grijs met bruinige touw-versterkte achterkant |
| Polypropyleen | plaatmateriaal 2 mm, grijs en glad                           |
| NBC kleding   | M2000 kool+buitenlaag  |
| Ethanol       | Merck, technisch zuiver                                      |
| Acetonitril   | LC/MS Biosolve   |
| pH papier     | pH-fix 0-14 Machery-Nagel art. 921 10                        |

### 3 Methodes en aanpak

De Nederlandse strijdkrachten hebben twee materieel-ontsmettingsmiddelen in gebruik. De vragen zijn gerelateerd aan de chemische en biologische schade die de ontsmettingsmiddelen kunnen hebben. De chemische samenstelling van de ontsmettingsmiddelen wordt in tabel 2 weergegeven.

Tabel 2 Leveranciers en bestanddelen van GDS2000 en GD5.

|         |         |  |
|---------|---------|--|
| GDS2000 | Karcher | <ul style="list-style-type: none"><li>• 1-Butanol</li><li>• Diethyleentriamine</li><li>• 2-Amino 1-butanol</li></ul>   |
| GD5     | OWR     | <ul style="list-style-type: none"><li>• 2-Aminoethanol (50- &lt;80%)</li><li>• Benzylalcohol (1- &lt;25%)</li><li>• Propan-2-ol (1- &lt;15%)</li><li>• Kaliumhydroxide (2- &lt;5%)</li></ul> |

Gegevens over de giftigheid worden in bijlage 1 gegeven. In onverdunde vorm blijken vele van de ingrediënten toxisch of corrosief.

De twee methodes van aanpak voor de twee afzonderlijke vragen worden hieronder beschreven.

#### 3.1 Reiniging GDS2000 apparaat van GDS2000

Bij het uit de verpakking halen van de aangeleverde nieuwe GDS2000 apparaten bleek dat de binnenkant van de stalen bus en de drijfstang sporen smeer -waarschijnlijk van de productie- en een codering met inkt bevatten.

Omdat dit mogelijk van invloed zou zijn werd een apparaat van tevoren met aceton van smeer en inkt gereinigd en als apparaat A gecodeerd.

De feitelijke test werd met een onbehandeld en met een voorgereinigd apparaat uitgevoerd, gecodeerd als respectievelijk apparaat B en A.

Beide GDS2000 apparaten werden gedurende vijf minuten voor de helft gevuld uit dezelfde vulling GDS2000. Beide apparaten werden tien maal geschud (op t=0, 2 en 4 minuten), waarna het ontsmettingsmiddel in een bekerglas werd gegoten. Daarna werden de apparaten drie maal gespoeld met 400 ml water (leeggieten, vullen, gedurende 10 seconden de cylinder van kop naar boden kantelen, een minuut wachten en weer 10 seconden kantelen). Na deze behandeling werden de apparaten voor de laatste maal leeggegoten met 10 seconden uit laten druppelen.

Met gaaskompressen werden veegmonsters van de binnenzijde van beide apparaten genomen. **De veegmonsters werden geëxtraheerd met 10 ml ethanol (ultrasoon, 15 minuten).**

Beide apparaten werden daarna met 100ml ethanol gevuld en geschud, waarna ook deze monsters overgebracht werden ter analyse middels GC-MS.

De apparaten werden met ethanol extra schoongemaakt, gedroogd en het proces werd herhaald waarbij een zeep oplossing (afwasmiddel) voor het spoelen gebruikt werd.



### 3.2 Reiniging oppervlakken van GD5

Alle materiaalstukken glas, NBC kleding, marmoleum en polypropyleen werden bij kamertemperatuur in petrischalen gelegd en voorzien van een dekkende laag GD5 (2 ml per monster 2\*4 cm, 4 ml voor de kledingmonsters van 4\*4 cm).

Na 30 minuten werd de afspoelbehandeling gestart.

- De petrischalen werden (één voor één) 10-15 seconden gespoeld met water, en dit werd 2\* herhaald (totaal 3\*spoelen).
- Voor de water/afwasmiddel behandeling werd hetzelfde uitgevoerd met de afwasmiddeloplossing. De 3<sup>e</sup> spoelbeurt werd met alleen water uitgevoerd (om niet de pH van de afwasmiddel te meten).
- Het schrobben werd ook 10-15 seconden onder een straaltje stromend water met een zachte borstel uitgevoerd.

Na deze behandeling werd door kortstondig (enkele seconden) contact met een pH papiertje de zuurgraad van het nog natte oppervlak gemeten. Omdat GD5 sterk basisch is (pH 12) zal een eventueel restant op het oppervlak het pH papier laten verkleuren, wat een goede detectie voor de basische oplossing vormt.

De petrischalen met monsters (2\*4 cm, de kleding 4\*4 cm) werden even uitgelekt en de monsters werden afzonderlijk in erlenmeyers gebracht met 5 ml acetonitril. Met het acetonitril wordt de eventueel aanwezige benzylalcohol (een bestanddeel van GD5) geëxtraheerd en dit kan weer via GC-MS analyse aangetoond worden.

Na 2 uur zwenken (zachtjes roeren) werd 1 ml van de oplossingen in gecodeerde GC-flesjes ter analyse overgebracht en aangeboden aan de analyse afdeling.

Na het vrijkomen van de kwantitatieve resultaten werd de test nogmaals -beperkt- herhaald uitgevoerd met grotere stukken marmoleum waarbij de pH van het oppervlak als afdoende indicatie voor de verwijdering van het GD5 gebruikt werd.

Deze monsters (3\*10 cm) werden ieder met 1 ml GD5 besmeurd (de blanco niet) en volgens dezelfde 3\*10 seconden spoelen met water weer gereinigd.

## 4 Resultaat

### 4.1 Reiniging GDS2000 apparaat van GDS2000

Nadat het GDS2000 apparaat na het uitgieten van het GDS2000 driemaal intensief gespoeld en gedurende 10 seconden rustig gekanteld (geschud) was met water werd geconstateerd dat het laatste spoelwater nog een pH van 9 aanwees (blanco water heeft pH 7, de oorspronkelijke oplossing GDS2000 heeft een pH van 10-11).

Tijdens de herhaalde test met het water met afwasmiddel bleek na het driemaal spoelen en schudden voor het voorgereinigde apparaat A de pH 9, voor apparaat B de pH 10 (blanco water met afwasmiddel heeft een pH van 8).

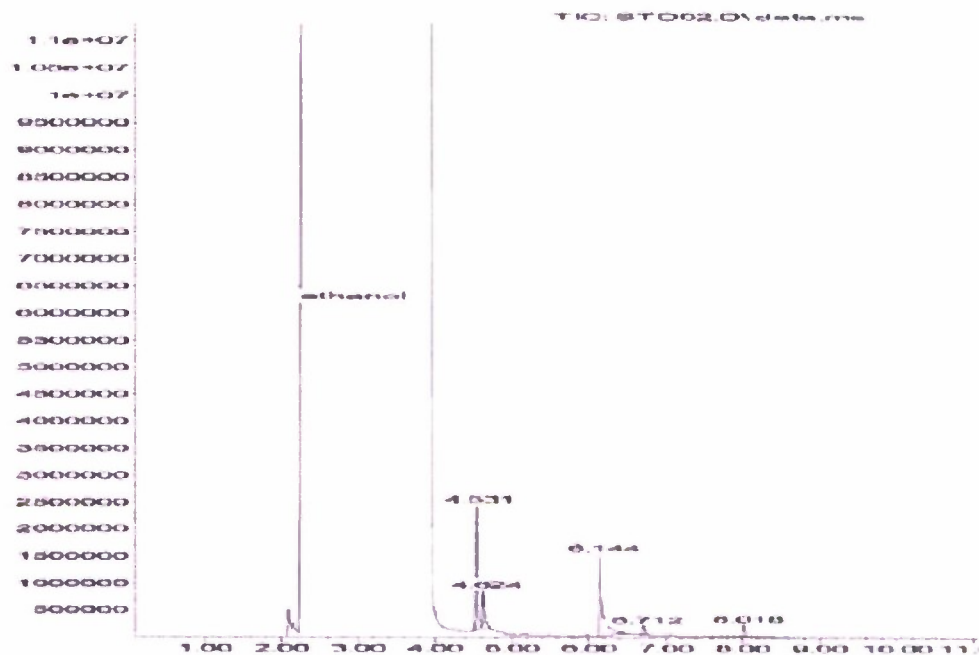
Op basis van de pH mag geconstateerd worden dat er minimaal een factor 10 minder basische onderdelen van het GDS2000 in het laatste spoelwater zit. De toevoeging van zeep heeft niet veel gebaat. Het verwijderen van de sporen smeer die er vanuit de fabriek nog in zat leverde een klein beetje betere reiniging.

De in tabel 3 weergegeven extracten en spoelmonsters werden geanalyseerd met GC-MS op componenten van GDS2000 of andere bestanddelen. Behalve de monsters werd ook het gebruikte ethanol en het toegepaste GDS2000 geanalyseerd.

Tabel 3      Monstercodering van extractie en veegmonsters.

| Apparaat      | Code | Omschrijving                                  |
|---------------|------|---|
| Voorgereinigd | A    | Restant spoelwater, in ethanol                |
| Voorgereinigd | Az   | Restant spoelwater met zeepsop in ethanol     |
|               | B    | Restant spoelwater, in ethanol                |
|               | Bz   | Restant spoelwater met zeepsop in ethanol     |
| Voorgereinigd | Av   | Veegmonster na spoelwater, in ethanol         |
| Voorgereinigd | Azv  | Veegmonster na spoelwater/zeepsop, in ethanol |
|               | Bv   | Veegmonster na spoelwater, in ethanol         |
|               | Bzv  | Veegmonster na spoelwater/zeepsop, in ethanol |

Een oplossing van GDS2000 in ethanol werd gemaakt en geanalyseerd door 10 µl op te lossen in 1 ml ethanol. Aan deze oplossing werd nogmaals 20 µl GDS2000 toegevoegd waarna de oplossing nogmaals werd geanalyseerd. Dit resulteerde in het chromatogram zoals weergegeven in figuur 1. Deze standaarden werden gebruikt om een indicatie van de hoeveelheid achtergebleven GDS2000 te krijgen.



Figuur 1 Chromatogram van een oplossing van GDS2000 in ethanol (30 ul/ml).

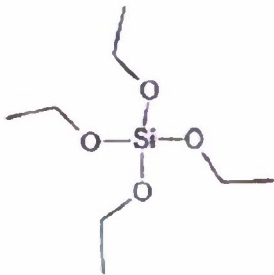
In het chromatogram wordt bij 8,018 min het eerder genoemde tetraethylsalicate aangetroffen dat ook in de ethanol zelf wordt aangetroffen. De ander pieken zijn afkomstig van de in tabel 4 weergegeven componenten.

Tabel 4 Stoffen waargenomen in chromatogram van het GDS2000.

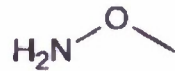
| Tijd [min] | Component            | structuur             |
|------------|----------------------|-----------------------|
| 4.531      | 1-butanol            | <chem>CCCCO</chem>    |
| 4.624      | 2-aminoethanol       | <chem>NCCO</chem>     |
| 6.144      | 2-amino-1-butanol    | <chem>NCC(C)CO</chem> |
| 6.712      | niet geïdentificeerd |                       |

In het chromatogram van de ethanol (en dus ook in de spoelmonsters en de extracten van de veegmonsters) wordt tetraethylsalicate aangetroffen, waarvan rechts een afbeelding getoond wordt.

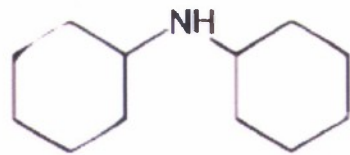
Dit heeft dus niets met de proef op zich te maken, maar is slechts een vervuiling van de toegepaste ethanol.



In de massa-spectra behorend bij de ethanol oplosmiddel piek is m/z 47 sterk aanwezig. Deze massa is niet afkomstig van ethanol maar van een andere component. Van deze component is door de sterke aanwezigheid van ethanol geen goed massaspectrum te verkrijgen. Het betreft mogelijk O-methyl-hydroxylamine:



In de chromatogrammen van de spoelvloeistoffen en extracten van de veegmonsters worden -zoals verwacht- componenten van GDS2000 teruggevonden. Daarnaast wordt dicyclohexyl-amine aangetoond:



De piekhoogtes uit de chromatogrammen van de geanalyseerde monsters zijn gebruikt om een ordegraote van het restant GDS2000 in tabel 5 weer te geven.

Tabel 5      Kwantitatieve resultaten restanten GDS2000 na spoelen.

| Stof              | %GDS2000 per GDS2000 ingrediënt na verschillende reinigingsstappen |       |       |       |    |    |       |       |
|-------------------|--|-------|-------|-------|----|----|-------|-------|
|                   | A  | B     | Az    | Bz    | Av | Bv | Azv   | Bzv   |
| 1 butanol         | 0,006  | 0,002 | 0,008 | 0,008 | 0  | 0  | 0,012 | 0,010 |
| 2 aminoethanol    | 0,006  | 0     | 0,013 | 0,011 | 0  | 0  | 0,013 | 0,013 |
| 2 amino 1 butanol | 0,005  | 0,002 | 0,016 | 0,019 | 0  | 0  | 0,021 | 0,006 |

In alle gevallen wordt er maximaal nog een concentratie van 0,019% GDS aangetroffen per 100 ml dus ruwweg nog 20 ul per apparaat. Ook de veegmonsters leverden geen hoge getallen op. Het apparaat waar door voorreiniging de fabrieks-smeer uit verwijderd was leverde geen betere resultaten op. De reiniging met zeep lijkt minder effectief geweest te zijn dan de reiniging met alleen water. Er lijkt wel wat verschil in de mate van verwijdering van de verschillende stoffen, waarbij het 2 amino-1 butanol het slechtst verwijderd wordt.

*Aanbeveling voor het reinigen van de GDS2000 apparaten na gebruik van GDS2000*  
**Hoewel** er in alle gevallen nog een aantoonbare restconcentratie is, is deze zo laag dat dit **geen gevaar meer kan opleveren. Drie maal gedurende 10 seconden rustig van kop naar bodem kantelen (schudden) bij kamertemperatuur ¼ tankvulling water en 10 seconden uit laten lekken zou dus afdoende reiniging opleveren.**

4.2      **Reiniging oppervlakken van GD5**

De analysedata van de acetonitril oplossingen met eventuele restanten GD5 na reiniging van de materialen staan in Tabel 6 vermeld. De kolom % restant geeft een indicatie van de hoeveelheid nog aangetroffen benzylalcohol (piek m/z 108) in het chromatogram per extractie-oplossing. Voor polypropyleen en glas was er in veel gevallen geen piek waarneembaar; het GD5 was volledig verwijderd  
In dezelfde tabel staan de resultaten van de pH metingen aan de oppervlakken net na de water behandelingen.



Tabel 6 Resultaten van de diverse GD5 reinigingen.

| Monster       | Behandeling     | pH |    | % van restant in M2000 |       |
|---------------|-----------------|----|----|------------------------|-------|
| marmoleum     | water           | 11 | 11 | 49,1                   | 32,0  |
| marmoleum     | water schrobben | 10 | 10 | 44,6                   | 48,9  |
| marmoleum     | water zeep      | 10 | 9  | 40,7                   | 27,0  |
| marmoleum     | Geen GD5        |    |    | 0                      | 0     |
| polypropyleen | water           | 10 | 10 | 0                      | 0     |
| polypropyleen | water schrobben | 7  | 7  | 0,2                    | 0     |
| polypropyleen | water zeep      | 7  | 7  | 0                      | 0     |
| polypropyleen | Geen GD5        |    |    | 0                      | 0     |
| M2000         | water           | 11 | 11 | 101,2                  | 120,8 |
| M2000         | water schrobben | 11 | 11 | 99,0                   | 103,8 |
| M2000         | water zeep      | 12 | 11 | 76,2                   | 99,0  |
| M2000         | Geen GD5        |    |    | 0                      | 0     |
| glas          | water           | 10 | 10 | 0,2                    | 0,1   |
| glas          | water schrobben | 7  | 7  | 0                      | 0     |
| glas          | water zeep      | 8  | 7  | 0,1                    | 0     |
| glas          | Geen GD5        |    |    | 49,1                   | 32,0  |

**Opmerkingen:**

De viskeuze GD5 vloeistof was na 30 minuten geheel in de NBC-kleding getrokken, bij het uitspoelen voelde de kleding zelfs door de handschoenen heen glibberig aan en konden nog enige tijd slierten (ontsmettingsmiddel) in het water waargenomen worden. Het residu water was lichtgekleurd.

Tijdens de wasfase is er GD5 naar de achterkant van de 2\*5 cm testpanels marmoleum gespoeld. Van het marmoleum was het residu water licht bruin gekleurd (waarschijnlijk van de touw versteviging die achterop het marmoleum zit).

Als algemene opmerking moet verwacht worden dat het effect van de test met deze kleine stukjes oppervlak minder goed zal zijn dan voor een groter oppervlak: bij het afsproeien/afschrobben van bijvoorbeeld een pantservoertuig stroomt er veel meer en veel langer water langs het benedendeel dan over het bovendeeel terwijl de waterstroom over de kleine oppervlakken in deze test binnen 10 seconden van het oppervlak afgelopen is.

Uit tabel 6 blijkt in de extracten van M2000 en marmoleum nog veel benzylalcohol aangetroffen te worden. De toegepaste 'reinigingstechniek' heeft hier niet veel invloed op, hoewel het zeep wel iets lijkt te helpen. In de extracten van glas en polypropyleen is de hoeveelheid benzylalcohol een factor 200-1000 lager en weer met zeep het laagst. Het 'schrobben' heeft nergens enig positief effect gehad, waarbij opgemerkt moet worden dat de oppervlakken aan het begin van de test 'schoon' waren (dus zonder aangehecht vuil en smeer). Dit zal in de praktijk anders kunnen zijn, en dan heeft schrobben wel degelijk een toegevoegde waarde.

De simpel met een pH papiertje verkregen waarden zijn een redelijk goede voorspelling of een oppervlak goed schoongespoeld is.

Dit wordt in de beperkte herhalings-test bevestigd. Van de oorspronkelijk opgebrachte 1 ml GD5 blijft na spoelen met water slechts maximaal 0,2% in het marmoleum achter. Wel zit er nog meer in het aanhangende spoelwater. Dit levert op het water-bevochtigde oppervlak nog steeds een pH van 10-11 op.



*Aanbeveling voor het reinigen van de verschillende materialen na gebruik van GD5*  
Materialen waar het GD5 in trekt -zoals NBC kleding en de achterkant van marmoleum- zijn slecht schoon te spoelen. Gladde en inerte oppervlakken zijn veel makkelijker schoon te spoelen maar ook dan helpt een beetje zeep om het langzame oplossen van GD5 in water te versnellen. Drie maal spoelen gedurende 10 seconden is voor gladde materialen afdoende.

Voor een goede reiniging met een bepaalde hoeveelheid water+zeep kan volgens de theorie beter vaak met een beetje water als in een keer met dezelfde totale massa water gespoeld moeten worden.

Met een pH papiertje kan het nog natte oppervlak gecontroleerd worden of het schoonspoelen effectief genoeg geweest is.

### 3 Ondertekening

Rijswijk, november 2008

TNO Defensie en Veiligheid

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke at the bottom.

dr. ir. S.J. van Wijngaarden  
Afdelingshoofd

A handwritten signature in blue ink, featuring a large, stylized 'H' and 'O' followed by a long horizontal stroke.

H.F.G. Oudmaijer  
Auteur

## A Fysische en toxicologische eigenschappen

### GDS 2000

#### 1-Butanol (n-butanol, butyl alcohol) (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH)

|  |          |  |
|--|----------|--|
| Kookpunt (°C)                              | 118      | Colourless liquid with characteristic odour        |
| Smeltpunt (°C)                             | -89      | Reacts with strong oxidants and with alkali metals |
| Flashpunt (°C)                             | 29       | liberating flammable gas.                          |
| Dampdruk in mbar (20 °C)                   | 7        |  |
| Oplosbaarheid in water (g/100 ml at 20 °C) | 8        |  |
| Explosive limits (vol. % in air)           | 1,4-11,3 |  |

#### Risico samenvatting

- Gevaren bij inhalatie: Pijnlijke keel, hoesten, adem tekort, duifheid.
- Gevaren bij huidcontact: Wordt door huid opgenomen; roodheid.
- Het gevarenlabel meldt vooral: brandgevaarlijk en gevaar bij inademing.

#### Blootstellingswaarden

Verschillende landen houden als maximum 150 mg/m<sup>3</sup> als MAC en 400 mg/m<sup>3</sup> als STEL.

Toxicological Data: ORAL (LD50): Acute: 790 mg/kg [Rat.]. DERMAL (LD50): Acute: 3400 mg/kg [Rabbit.].

#### Diethyleentriamine/1,2-Ethaandiamine, N-(2-aminoethyl)-

|  |                                   |   |
|--|-----------------------------------|---|
| Kookpunt (°C)                              | 205                               | kleurloos hygroscopisch visceus vloeistof |
| Smeltpunt (°C)                             | -39                               |   |
| Flashpunt (°C)                             | 97C                               | (c-cup), ontvlam Limiet: 2,0-6,7% at 150  |
| Dampdruk in kPa (20 °C)                    | 0,02 (0,15 mm Hg)                 |   |
| Oplosbaarheid in water (g/100 ml at 20 °C) | Mengbaar, Octanol/Water verdeling |   |
|  | Coefficient berekend 1,3          |   |

#### Risico samenvatting

- Niet explosief, niet oxiderend.
- Is corrosief en kan de huid en ogen ernstig irriteren tot brandwonden toe en allergie opwekken.
- Inademing kan neus en keel irriteren met hoesten en niezen als direct en asthma als lange termijn gevolg.

#### Blootstellingswaarden

Werkplaats blootstellingslimiet 1 ppm (NIOSH)

Toxicological Data: ORAL (LD50): Acute: 1080 mg/kg [Rat.]. DERMAL (LD50): Acute: 1090 mg/kg [Rabbit.].

Bij blootstelling van 50 vrijwilligers op de onderarm hadden negen personen in 24 uur positieve reactie, dit aantal nam in de volgende 24 uur niet toe de ernst van de effecten wel. Bij hertoediening twee weken later vertoonden de negen vrijwilligers geen reactie<sup>3</sup>.

#### (Iso)butanolamine (2-Amino 1-butanol)

|                         |     |                     |
|-------------------------|-----|---------------------|
| Kookpunt (°C)           | 165 | kleurloze vloeistof |
| Smeltpunt (°C)          | 24  |                     |
| Dampdruk in kPa (20 °C) | 0,1 |                     |

<sup>3</sup> 'Toxicity Evaluation of Diethylenetriamine', J Dent Res 39(1): 46-48, 1960, WILLIAM L. KYDD.

Oplosbaarheid in water (g/100 ml at 20 °C) Gemakkelijk oplosbaar in heet water, methanol, diethyl ether, oplosbaar in koud water

*Risico samenvatting*

- Inhalatie: Mond en keel worden aangetast met pijnlijke keel, hoesten, adem tekort.
- Huidcontact: Corrosief voor huid en ogen. Wordt door huid opgenomen onder vorming van roodheid of blaren en kan allergie opwekken. Ontsteking van ogen.
- Het gevaarenlabel meldt vooral: brandgevaarlijk en gevaar bij inademing.

Toxicological Data: ORAL (LD50): Acute: 2900 mg/kg [Rat]. 2150 mg/kg [Mouse].

## GD5

### 2-Aminoethanol (monoethanolamine)

Kookpunt (°C) 170 kleurloze vloeistof met geur van ammonia

Smelpunt (°C) 10-12

Dampdruk in kPa (20°C) 0,27 (0,2 mm Hg)

Oplosbaarheid in water (g/100 ml at 20 °C) soluble in all proportions

*Risico samenvatting*

- Gevaren bij inhalatie: Mond en keel worden aangetast met pijnlijke keel, hoesten, adem tekort.
- Gevaren bij huidcontact: Sterk oog, huid en long irritant. Corrosief voor huid en ogen. Wordt door huid opgenomen onder vorming van roodheid of blaren en kan allergie opwekken. Ontsteking van ogen. Verdacht carcinogeen.

Toxicological Data: ORAL (LD50): Acute: 1720 mg/kg [Rat.]. 700 mg/kg [Mouse].

DERMAL (LD50): Acute: 1000 mg/kg [Rabbit].

Typische TLV/TWA 3 ppm, STEL 6 ppm.

### Benzylalcohol

Kookpunt (°C) 206 kleurloze vloeistof

Smelpunt (°C) -15

Dampdruk in kPa (20 °C) 4,9 at 77C (3,7 mm Hg at 77 C)

*Risico samenvatting*

- Gevaren bij inhalatie: irritant bij inademing.
- Gevaren bij huidcontact: sterk irritant voor huid en ogen. Zou lever en centraal zenuwstelsel kunnen beschadigen.

Toxicological Data: ORAL (LD50): Acute: 1230 mg/kg [Rat]. 1360 mg/kg [Mouse].

1040 mg/kg [Rabbit]. DERMAL (LD50): Acute: 2000 mg/kg [Rabbit].

### Propan-2-ol

Kookpunt (°C) 82 kleurloze vloeistof

Smelpunt (°C) -89

Dampdruk in kPa (20 °C) 44,9 (33 mm Hg)

Flashpunt: 12 C

Explosion limits: 2,0% - 12%

Oplosbaarheid in water (g/100 ml at 20 °C) mengbaar in iedere hoeveelheid

*Risico samenvatting*

- Gevaren bij huidcontact: zou huid kunnen irriteren.

Toxicological Data: ORAL (LD50): Acute: 5045 mg/kg [Rat]. 3600 mg/kg [Mouse].

6410 mg/kg [Rabbit]. DERMAL (LD50): Acute: 12800 mg/kg [Rabbit].

**Kaliumhydroxide**

|  |      |                  |
|--|------|------------------|
| Kookpunt (°C)                              | 1320 | witte vaste stof |
| Smeltpunt (°C)                             | 360  |                  |
| Dampdruk in mbar (20 °C)                   | 0    |                  |
| Oplosbaarheid in water (g/100 ml at 20 °C) | hoog |                  |

*Risico samenvatting*

- Gevaren bij inhalatie: niet corrosief voor longen, wel voor mond en keel resulterend in pijnlijke keel, hoesten, adem tekort.
- Gevaren bij huidcontact: zeer corrosief en irritant voor huid en ogen resulterend in brandwonden.

Toxicological Data: ORAL (LD50): 365 mg/kg [Rat].



## B Analysemethoden en resultaten

### Analysemethode

#### *Massaspectrometer:*

|                   |                     |
|-------------------|---------------------|
| Merk en type      | : Agilent 5973N MSD |
| Vacuüm            | : $10^{-6}$ torr    |
| Brontemperatuur   | : 200 °C            |
| Ionisatie-energie | : 70 eV             |
| Ionisatie mode    | : EI                |
| Acquisitie mode   | : Scan              |
| Scansnelheid      | : 3 scans/sec       |
| Massabereik       | : m/z 25-500        |
| Soort opname      | : GC-MSD            |

#### *Gaschromatograaf:*

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Merk en type             | : HP6890                                     |
| Kolom nummer             | : MS 45                                      |
| Kolom type               | : Factorfour VF-5ms                          |
| Kolom afmeting           | : 50 m * 0,32 mm, df 0,25 µm                 |
| Injectievolume:          | : 1 µl, splitless                            |
| Draaggas                 | : Helium                                     |
| Mode                     | : Constant Flow, 1,0 ml/min.                 |
| Temperatuur              | : 40 °C (1 min), 10 °C/min → 280 °C (5 min.) |
| Temperatuur GC-interface | : 280 °C                                     |

ONGERUBRICEERD  
REPORT DOCUMENTATION PAGE  
(MOD-NL)

|   |  |  |                         |
|---|--|--|-------------------------|
| 1. DEFENCE REPORT NO (MOD-NL)<br><b>TD2008-0219</b>   | 2. RECIPIENT'S ACCESSION NO<br><b>-</b>                            | 3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO<br><b>TNO-DV 2008 A495</b>        |                         |
| 4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO<br><b>032.12469</b>  | 5. CONTRACT NO<br><b>-</b>   | 6. REPORT DATE<br><b>November 2008</b>                                 |                         |
| 7. NUMBER OF PAGES<br><b>19</b> (incl 2 appendices,<br>excl RDP & distribution list)  | 8. NUMBER OF REFERENCES<br><b>-</b>                                | 9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED<br><b>Final</b>                    |                         |
| 10. TITLE AND SUBTITLE<br><b>Questions regarding contamination control, priority 3<br/>(Vraagstukken besmettingsbeheersing prio 3)</b>  |  |  |                         |
| 11. AUTHOR(S)<br><b>H.F.G. Oudmaijer</b>  |  |  |                         |
| 12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES)<br><b>TNO Defence, Security and Safety, P.O. Box 45, 2280 AA Rijswijk, The Netherlands<br/>Lange Kleiweg 137, 2288 GJ Rijswijk, The Netherlands</b>   |  |  |                         |
| 13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES)<br><b>DMO, P.O. Box 90822/MPC 58A, 2509 LV The Hague, The Netherlands</b>   |  |  |                         |
| 14. SUPPLEMENTARY NOTES<br><b>The classification designation Ongerubriceerd is equivalent to Unclassified, Stg. Confidentieel is equivalent to Confidential and Stg. Geheim is equivalent to Secret.</b>  |  |  |                         |
| 15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTE))<br><b>The GDS2000 delivery device is used for application of both simulant decontamination solution as well as for GDS2000.<br/>After use of this equipment, residual amounts of product can remain on or in the equipment. Furthermore the materials decontaminated with GD5 need to be cleaned as well.<br/>For both decontamination applications it needed to be investigated how the equipment or the decontaminated surface can be adequately cleaned afterwards.<br/>For the GDS2000 equipment adequate cleaning can be obtained by rinsing the vessel three times with a fresh aliquot water (1/4 of the vessel), with each time calmly moving the vessel from top to bottom during 10 seconds.<br/>For surfaces decontaminated with GD5 three times of 10 seconds rinsing with water proved to be adequate for smooth, inert surfaces. For adsorbing surfaces like linoleum or NBC clothing the GD5 proved to be removed much less efficient.<br/>Check with a pH paper (which changes color by the caustic GD5) will prove residual GD5 in an easy way.</b> |  |  |                         |
| 16. DESCRIPTORS<br><b>Decontamination<br/>Cleaning<br/>Rinsing<br/>GDS2000<br/>GD5<br/>equipment</b>  |  |  | IDENTIFIERS<br><b>-</b> |
| 17a. SECURITY CLASSIFICATION<br>(OF REPORT)<br><b>Ongerubriceerd</b>  | 17b. SECURITY CLASSIFICATION<br>(OF PAGE)<br><b>Ongerubriceerd</b> | 17c. SECURITY CLASSIFICATION<br>(OF ABSTRACT)<br><b>Ongerubriceerd</b> |                         |
| 18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT<br><b>Unlimited Distribution</b>  |  | 17d. SECURITY CLASSIFICATION<br>(OF TITLES)<br><b>Ongerubriceerd</b>   |                         |

ONGERUBRICEERD

## Distributielijst

**Onderstaande instanties/personen ontvangen een volledig exemplaar van het rapport.**

- |     |  |
|-----|--|
| 1   | DMO/SC-DR&D<br>standaard inclusief digitale versie bijgeleverd op cd-rom |
| 2/3 | DMO/DR&D/Kennistransfer  |
| 4   | Projectbegeleider Defensie, ir. A.A.M. Slagveer                          |
| 5/7 | Bibliotheek KMA  |

**Onderstaande instanties/personen ontvangen een digitale versie van het rapport in pdf-format.**

TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk,  
Manager BC-Bescherming (kennis),  
dr. R.W. Busker

TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk,  
Business Unit Bescherming, Munitie en Wapens,  
dr. ir. S.J. van Wijngaarden,  
H.F.G. Oudmaijer

**Onderstaande instanties/personen ontvangen het managementuittreksel en de distributielijst van het rapport.**

- 4 ex. DMO/SC-DR&D
- 1 ex. DMO/ressort Zeesystemen
- 1 ex. DMO/ressort Landsystemen
- 1 ex. DMO/ressort Luchtsystemen
- 2 ex. BS/DS/DOBBP/SCOB
- 1 ex. MIVD/AAR/BMT
- 1 ex. Staf CZSK
- 1 ex. Staf CLAS
- 1 ex. Staf CLSK
- 1 ex. Staf KMar
- 1 ex. TNO Defensie en Veiligheid, Algemeen Directeur, ing. J.V. Elsendoorn
- 1 ex. TNO Defensie en Veiligheid, Directie  
Directeur Operaties, drs. H.J. Vink
- 1 ex. TNO Defensie en Veiligheid, Directie  
Directeur Kennis, prof. dr. P. Werkhoven
- 1 ex. TNO Defensie en Veiligheid, Directie  
Directeur Markt, G.D. Klein Baltink
- 1 ex. TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Den Haag,  
Manager Waarnemingssystemen (operaties), ir. B. Dunnebier
- 1 ex. TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Den Haag,  
Manager Informatie en Operaties (operaties), ir. P. Schulein
- 1 ex. TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk,  
Manager Bescherming, Munitie en Wapens (operaties), ir. P.J.M. Elands
- 1 ex. TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk  
Manager BC-Bescherming (operaties), ir. R.J.A. Kersten
- 1 ex. TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Soesterberg,  
Manager Human Factors (operaties)